

**PCT**  
 WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
 Internationales Büro  
 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> : <b>H01L 33/00, H01S 3/19</b>	<b>A1</b>	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 97/50132</b>  (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: <b>31. Dezember 1997 (31.12.97)</b>
(21) Internationales Aktenzeichen: <b>PCT/DE97/01337</b> (22) Internationales Anmeldedatum: <b>26. Juni 1997 (26.06.97)</b>  (30) Prioritätsdaten: 196 25 622.4      26. Juni 1996 (26.06.96)      DE 196 38 667.5      20. September 1996 (20.09.96)      DE  (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): <b>SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).</b>  (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): <b>REEH, Ulrike [DE/DE]; Hollerstrasse 7A, D-80995 München (DE). HÖHN, Klaus [DE/DE]; Pater-Rupert-Mayer-Weg 5, D-82024 Taufkirchen (DE). STATH, Norbert [DE/DE]; Rosinusweg 11, D-93049 Regensburg (DE). WAITL, Günther [DE/DE]; Pranschweg 3, D-93049 Regensburg (DE). SCHLOTTER, Peter [DE/DE]; Kammerthalstrasse 8A, D-79113 Freiburg (DE). SCHMIDT, Rolf [DE/DE]; Mühlenstrasse 14, D-79279 Vörstetten (DE). SCHNEIDER, Jürgen [DE/DE]; Neuhäuser Strasse 62, D-79199 Kirchzarten (DE).</b>		(81) Bestimmungsstaaten: <b>BR, CN, JP, KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</b>  <b>Veröffentlicht</b> <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i> <i>Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i>
(54) Title: <b>LIGHT-EMITTING SEMICONDUCTOR COMPONENT WITH LUMINESCENCE CONVERSION ELEMENT</b> (54) Bezeichnung: <b>LICHTABSTRAHLENDES HALBLEITERBAUELEMENT MIT LUMINESZENZKONVERSIONSELEMENT</b>		
(57) Abstract  Light-emitting semiconductor component with a radiation-emitting semiconductor body (1) and a luminescence conversion element (4, 5). The semiconductor body (1) emits radiation in the ultraviolet, blue and/or green region of the spectrum, and the luminescence conversion element (4, 5) converts a part of this radiation into radiation of a greater wavelength. This enables light-emitting diodes which emit mixed-colour, in particular white, light by means of a single light-emitting semiconductor body to be produced. The specially preferred luminescence conversion dye is YAG:Ce.  (57) Zusammenfassung  Lichtabstrahlendes Halbleiterbauelement mit einem Strahlung aussendenden Halbleiterkörper (1) und einem Lumineszenzkonversionselement (4, 5). Der Halbleiterkörper (1) sendet Strahlung im ultravioletten, blauen und/oder grünen Spektralbereich aus und das Lumineszenzkonversionselement (4, 5) wandelt einen Teil dieser Strahlung in Strahlung mit einer größeren Wellenlänge um. Dadurch lassen sich Leuchtdioden herstellen, die mittels eines einzigen lichtaussendenden Halbleiterkörpers mischfarbiges Licht, insbesondere weißes Licht abstrahlen. Besonders bevorzugt wird als Lumineszenzkonversionsfarbstoff YAG:Ce verwendet.		

# **LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland			TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Mauritanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	MX	Mexiko		
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CM	Kamerun			PL	Polen		
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CU	Kuba	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		

## Beschreibung

Lichtabstrahlendes Halbleiterbauelement mit Lumineszenzkonversionselement

5

Die Erfindung bezieht sich auf ein lichtabstrahlendes Halbleiterbauelement nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Ein derartiges Halbleiterbauelement ist beispielsweise aus der  
10 Offenlegungsschrift DE 38 04 293 bekannt. Darin ist eine Anordnung mit einer Elektrolumineszenz- oder Laserdiode beschrieben, bei der das gesamte von der Diode abgestrahlte Emissionsspektrum mittels eines mit einem fluoreszierenden, lichtwandelnden organischen Farbstoff versetzten Elements aus Kunststoff zu  
15 größeren Wellenlängen hin verschoben wird. Das von der Anordnung abgestrahlte Licht weist dadurch eine andere Farbe auf als das von der Leuchtdiode ausgesandte. Abhängig von der Art des dem Kunststoff beigefügten Farbstoffes lassen sich mit ein und demselben Leuchtdiodentyp Leuchtdiodenanordnungen herstellen,  
20 die in unterschiedlichen Farben leuchten.

Aus DE-OS 2 347 289 ist eine Infrarot(IR)-Festkörperlampe bekannt, bei der an der Kante einer IR-Diode Leuchtstoff-Material  
angebracht ist, das die dort abgestrahlte IR-Strahlung in  
25 sichtbares Licht umwandelt. Ziel dieser Maßnahme ist es, zu Kontrollzwecken einen möglichst geringen Teil der von der Diode abgegebenen IR-Strahlung bei gleichzeitig möglichst geringer Verminderung der Intensität der abgegebenen IR-Strahlung in sichtbares Licht umzuwandeln.

30

Weiterhin ist aus der EP 486 052 eine lichtemittierende Diode bekannt, bei der zwischen dem Substrat und einer aktiven elektrolumineszierenden Schicht mindestens eine Halbleiter-  
Photolumineszenzschicht angeordnet ist, die das von der aktiven  
35 Schicht in Richtung Substrat ausgesandte Licht eines ersten

Wellenlängenbereichs in Licht eines zweiten Wellenlängenbereichs umwandelt, so daß die lichtemittierende Diode insgesamt Licht verschiedener Wellenlängenbereiche aussendet.

5 In vielen potentiellen Anwendungsgebieten für Leuchtdioden, wie zum Beispiel bei Anzeigeelementen im Kfz-Armaturenbrett, Beleuchtung in Flugzeugen und Autos und bei vollfarbtauglichen LED-Displays, tritt verstärkt die Forderung nach Leuchtdiodenanordnungen auf, mit denen sich mischfarbiges Licht, insbesondere  
10 dere weißes Licht erzeugen läßt.

In JP-07 176 794-A ist eine weißes Licht aussendende planare Lichtquelle beschrieben, bei der an einer Stirnseite einer transparenten Platte zwei blaues Licht emittierende Dioden angeordnet sind, die Licht in die transparente Platte hinein aus-  
15 senden. Die transparente Platte ist auf einer der beiden einander gegenüberliegenden Hauptflächen mit einer fluoreszierenden Substanz beschichtet, die Licht emittiert, wenn sie mit dem blauen Licht der Dioden angeregt wird. Das von der fluoreszierenden Substanz emittierte Licht hat eine andere Wellenlänge  
20 als das von den Dioden emittierte blaue Licht. Bei diesem bekannten Bauelement ist es besonders schwierig, die fluoreszierende Substanz in einer Art und Weise aufzubringen, daß die Lichtquelle homogenes weißes Licht abstrahlt. Darüber hinaus  
25 bereitet auch die Reproduzierbarkeit in der Massenfertigung große Probleme, weil schon geringe Schichtdickenschwankungen der fluoreszierenden Schicht, z. B. aufgrund von Unebenheiten der Oberfläche der transparenten Platte, eine Änderung des Weißtones des abgestrahlten Lichtes hervorruft.

30 Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Halbleiterbauelement der eingangs genannten Art zu entwickeln, das homogenes mischfarbiges Licht abstrahlt und das eine technisch einfache Massenfertigung mit weitestgehend reproduzierbarer Bauelementcharakteristik gewährleistet.  
35

produzierbarkeit erzielt werden kann, was für eine effiziente Massenfertigung von wesentlicher Bedeutung ist. Als Lumineszenzkonversionsschicht kann beispielsweise eine mit Leuchtstoff versetzte Lack- oder Harzschicht vorgesehen sein.

5

Eine andere bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Halbleiterbauelementes weist als Lumineszenzkonversionselement eine teiltransparente Lumineszenzkonversionsumhüllung auf, die zumindest einen Teil des Halbleiterkörpers (und evtl. Teilbereiche der elektrischen Anschlüsse) umschließt und gleichzeitig als Bauteilumhüllung (Gehäuse) genutzt sein kann. Der Vorteil eines Halbleiterbauelementes gemäß dieser Ausführungsform besteht im wesentlichen darin, daß zu seiner Herstellung konventionelle, für die Herstellung von herkömmlichen Leuchtdioden (z. B. Radial-Leuchtdioden) eingesetzte Produktionslinien genutzt werden können. Für die Bauteilumhüllung ist anstelle des bei herkömmlichen Leuchtdioden dafür verwendeten transparenten Kunststoffes das Material der Lumineszenzkonversionsumhüllung verwendet.

20

Bei weiteren vorteilhaften Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Halbleiterbauelementes und der beiden oben genannten bevorzugten Ausführungsformen besteht die Lumineszenzkonversionsschicht bzw. die Lumineszenzkonversionsumhüllung aus einem transparenten Material, z. B. Kunststoff, bevorzugt Epoxidharz, das mit mindestens einem Leuchtstoff versehen ist (Beispiele für bevorzugte Kunststoffe und Leuchtstoffe finden sich weiter unten). Auf diese Weise lassen sich Lumineszenzkonversionselemente besonders kostengünstig herstellen. Die dazu notwendigen Verfahrensschritte sind nämlich ohne großen Aufwand in herkömmliche Produktionslinien für Leuchtdioden integrierbar.

30

Bei einer besonders bevorzugten Weiterbildung der Erfindung bzw. der o. g. Ausführungsformen ist vorgesehen, daß der oder

Eine bevorzugte Methode, mit einem blaues Licht abstrahlenden Halbleiterkörper ein grün leuchtendes Halbleiterbauelement herzustellen, besteht darin, für das Lumineszenzkonversionselement  $\text{UO}_2^{++}$ -substituiertes Borsilikatglas zu verwenden.

Bei einer weiteren bevorzugten Weiterbildung eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements bzw. der oben angegebenen vorteilhaften Ausführungsformen sind dem Lumineszenzkonversionselement oder einer anderen strahlungsdurchlässigen Komponente der Bauteilumhüllung zusätzlich lichtstreuende Partikel, sogenannte Diffusoren zugesetzt. Hierdurch läßt sich vorteilhafterweise der Farbeindruck und die Abstrahlcharakteristik des Halbleiterbauelements optimieren.

Bei einer besonders vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements besteht das Lumineszenzkonversionselement zumindest teilweise aus einem transparenten Epoxidharz, das mit einem anorganischen Leuchtstoff versehen ist. Vorteilhafterweise lassen sich nämlich anorganische Leuchtstoffe auf einfache Weise in Epoxidharz einbinden. Ein besonders bevorzugter anorganischer Leuchtstoff zur Herstellung von Weiß leuchtenden erfindungsgemäßen Halbleiterbauelementen ist der Phosphor  $\text{YAG:Ce}$  ( $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}$ ). Dieser läßt sich auf besonders einfache Weise in herkömmlich in der LED-Technik verwendeten transparenten Epoxidharzen mischen. Weiterhin als Leuchtstoffe denkbar sind weitere mit Seltenen Erden dotierte Granate wie z. B.  $\text{Y}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}$ ,  $\text{Y}(\text{Al},\text{Ga})_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}$  und  $\text{Y}(\text{Al},\text{Ga})_5\text{O}_{12}:\text{Tb}^{3+}$  sowie mit Seltenen Erden dotierte Erdalkali-Sulfide wie z. B.  $\text{SrS}:\text{Ce}^{3+}$ ,  $\text{Na}, \text{SrS}:\text{Ce}^{3+}, \text{Cl}$ ,  $\text{SrS}:\text{CeCl}_3$ ,  $\text{CaS}:\text{Ce}^{3+}$  und  $\text{SrSe}:\text{Ce}^{3+}$ .

Zur Erzeugung von verschiedenartig mischfarbigem Licht eignen sich darüberhinaus besonders die mit Seltenen Erden dotierten Thiogallate wie z. B.  $\text{CaGa}_2\text{S}_4:\text{Ce}^{3+}$  und  $\text{SrGa}_2\text{S}_4:\text{Ce}^{3+}$ . Ebenso ist

hierzu die Verwendung von mit Seltenen Erden dotierten Alumina-  
 ten wie z. B.  $\text{YAlO}_3:\text{Ce}^{3+}$ ,  $\text{YGaO}_3:\text{Ce}^{3+}$ ,  $\text{Y}(\text{Al},\text{Ga})\text{O}_3:\text{Ce}^{3+}$  und mit Sel-  
 tenen Erden dotierten Orthosilikaten  $\text{M}_2\text{SiO}_5:\text{Ce}^{3+}$  (M: Sc, Y, Sc)  
 wie z. B.  $\text{Y}_2\text{SiO}_5:\text{Ce}^{3+}$  denkbar. Bei allen Yttriumverbindungen  
 5 kann das Yttrium im Prinzip auch durch Scandium oder Lanthan  
 ersetzt werden.

Bei einer weiteren möglichen Ausführungsform des erfindungsge-  
 mäßen Halbleiterbauelements bestehen zumindest alle lichtdurch-  
 10 strahlten Komponenten der Umhüllung, d. h. auch die Lumines-  
 zenzkonversionsumhüllung bzw. -schicht aus rein anorganischen  
 Materialien. Das Lumineszenzkonversionselement besteht somit  
 aus einem anorganischen Leuchtstoff, der in einem temperatur-  
 stabilen, transparenten oder teiltransparenten anorganischen  
 15 Material eingebettet ist. Insbesondere besteht das Lumineszenz-  
 konversionselement aus einem anorganischen Phosphor, der in ein  
 vorteilhafterweise niedrig schmelzendes anorganisches Glas (z.  
 B. Silikatglas) eingebettet ist. Eine bevorzugte Herstellungs-  
 weise für eine derartige Lumineszenzkonversionsschicht ist die  
 20 Sol-Gel-Technik, mit der die gesamte Lumineszenzkonversions-  
 schicht, d. h. sowohl der anorganische Leuchtstoff als auch das  
 Einbettmaterial in einem Arbeitsgang hergestellt werden kann.

Um die Durchmischung der von dem Halbleiterkörper ausgesandten  
 25 Strahlung des ersten Wellenlängenbereiches mit der lumineszenz-  
 konvertierten Strahlung des zweiten Wellenlängenbereiches und  
 damit die Farbhomogenität des abstrahlten Lichtes zu verbes-  
 sern, ist bei einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungs-  
 gemäßen Halbleiterbauelements der Lumineszenzsumhüllung bzw. der  
 30 Lumineszenzkonversionsschicht und/oder einer anderen Komponente  
 der Bauteilumhüllung zusätzlich ein im Blauen lumineszierender  
 Farbstoff zugefügt, der eine sogenannte Richtcharakteristik der  
 von dem Halbleiterkörper abgestrahlten Strahlung abschwächt.  
 Unter Richtcharakteristik ist zu verstehen, daß die von dem

Halbleiterkörper ausgesandte Strahlung eine bevorzugte Abstrahlrichtung aufweist.

- Bei einer bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements ist zum oben genannten Zweck der Durchmischung der ausgesandten Strahlung der anorganische Leuchtstoff in Pulverform verwendet, wobei sich die Leuchtstoffpartikel in dem sie umhüllenden Stoff (Matrix) nicht lösen. Außerdem weisen der anorganische Leuchtstoff und der ihn umhüllende Stoff voneinander verschiedene Brechungsindizes auf. Dies führt vorteilhafterweise dazu, daß abhängig von der Korngröße des Leuchtstoffes, ein Anteil des nicht vom Leuchtstoff absorbier-ten Lichtes gestreut wird. Dadurch ist die Richtcharakteristik der von dem Halbleiterkörper abgestrahlten Strahlung effizient geschwächt, so daß die nicht absorbierte Strahlung und die lumineszenzkonvertierte Strahlung homogen gemischt werden, was zu einem räumlich homogenen Farbeindruck führt.

Ein weißes Licht abstrahlendes erfindungsgemäßes Halbleiterbauelement läßt sich besonders bevorzugt dadurch realisieren, daß einem zur Herstellung der Lumineszenzkonversionsumhüllung oder -schicht verwendeten Epoxidharz der anorganische Leuchtstoff YAG:Ce ( $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$ ) beigemischt ist. Ein Teil einer von dem Halbleiterkörper ausgesandten blauen Strahlung wird von dem anorganischen Leuchtstoff  $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$  in den gelben Spektralbereich und somit in einen zur Farbe Blau komplementärfarbigem Wellenlängenbereich verschoben. Der Farbton (Farbort in der CIE-Farbtabelle) des weißen Lichts kann dabei durch geeignete Wahl der Farbstoffmischung und -konzentration variiert werden.

30

Der anorganische Leuchtstoff YAG:Ce hat unter anderem den besonderen Vorteil, daß es sich hierbei um nicht lösliche Farbpigmente (Partikelgröße im Bereich von 10  $\mu m$ ) mit einem Brechungsindex von ca. 1,84 handelt. Dadurch tritt neben der Wellenlängenkonversion noch ein Streueffekt auf, der zu einer gu-

35



ten Vermischung von blauer Diodenstrahlung und gelber Konverterstrahlung führt.

Bei einer weiteren bevorzugten Weiterbildung eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements bzw. der oben angegebenen vorteilhaften Ausführungsformen sind dem Lumineszenzkonversionselement oder einer anderen strahlungsdurchlässigen Komponente der Bauteilumhüllung zusätzlich lichtstreuende Partikel, sogenannte Diffusoren zugesetzt. Hierdurch läßt sich vorteilhafterweise der Farbeindruck und die Abstrahlcharakteristik des Halbleiterbauelements weiter optimieren.

Von besonderem Vorteil ist, daß die Leuchteffizienz von weißleuchtenden erfindungsgemäßen Halbleiterbauelementen bzw. deren o. g. Ausführungsformen mit einem im wesentlichen auf der Basis von GaN hergestellten blau leuchtenden Halbleiterkörper vergleichbar ist mit der Leuchteffizienz einer Glühlampe. Der Grund dafür besteht darin, daß zum einen die externe Quantenausbeute derartiger Halbleiterkörper bei einigen Prozent liegt und andererseits die Lumineszenzausbeute von organischen Farbstoff-Molekülen oft bei über 90% angesiedelt ist. Darüberhinaus zeichnet sich das erfindungsgemäße Halbleiterbauelement im Vergleich zur Glühlampe durch eine extrem lange Lebensdauer, größere Robustheit und eine kleinere Betriebsspannung aus.

Vorteilhaft ist weiterhin, daß die für das menschliche Auge wahrnehmbare Helligkeit des erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements gegenüber einem ohne Lumineszenzkonversionselement ausgestatteten, aber sonst identischen Halbleiterbauelement deutlich erhöht werden kann, da die Augenempfindlichkeit zu höherer Wellenlänge hin zunimmt.

Darüberhinaus kann mit dem erfindungsgemäßen Prinzip vorteilhafterweise auch eine von dem Halbleiterkörper neben der sichtbaren Strahlung ausgesandte ultraviolette Strahlung in sichtba-

res Licht umgewandelt werden. Dadurch wird die Helligkeit des vom Halbleiterkörper ausgesandten Lichts deutlich erhöht.

Das hier vorgestellte Konzept der Lumineszenzkonversion mit blauem Licht eines Halbleiterkörpers läßt sich vorteilhafterweise auch auf mehrstufige Lumineszenzkonversionselemente erweitern, nach dem Schema ultraviolett → blau → grün → gelb → rot. Hierbei werden eine Mehrzahl von spektral selektiv emittierenden Lumineszenzkonversionselementen relativ zum Halbleiterkörper hintereinander angeordnet.

Ebenso können vorteilhafterweise mehrere unterschiedlich spektral selektiv emittierende Farbstoffmoleküle gemeinsam in einen transparenten Kunststoff eines Lumineszenzkonversionselements eingebettet sein. Hierdurch ist ein sehr breites Farbenspektrum erzeugbar.

Ein besonderer Vorteil von erfindungsgemäßen weißes Licht abstrahlenden Halbleiterbauelementen, bei denen als Lumineszenzkonversionsfarbstoff insbesondere YAG:Ce verwendet ist, besteht darin, daß dieser Leuchtstoff bei Anregung mit blauem Licht eine spektrale Verschiebung von ca. 100 nm zwischen Absorption und Emission bewirkt. Dies führt zu einer wesentlichen Reduktion der Reabsorption des vom Leuchtstoff emittierten Lichtes und damit zu einer höheren Lichtausbeute. Außerdem besitzt YAG:Ce vorteilhafterweise eine hohe thermische und photochemische (z. B. UV-) Stabilität (wesentlich höher als organische Leuchtstoffe), so daß auch Weiß leuchtende Dioden für Außenanwendung und/oder hohe Temperaturbereiche herstellbar sind.

YAG:Ce hat sich bislang hinsichtlich Reabsorption, Lichtausbeute, thermischer und photochemischer Stabilität und Verarbeitbarkeit als am besten geeigneter Leuchtstoff herausgestellt. Denkbar ist jedoch auch die Verwendung von anderen Ce-dotierten Phosphoren, insbesondere Ce-dotierten Granaten.

- Besonders vorteilhaft lassen sich erfindungsgemäße Halbleiterbauelemente insbesondere aufgrund ihrer geringen Leistungsaufnahme in vollfarbtauglichen LED-Displays, zur Beleuchtung von Kfz-Innenräumen oder von Flugzeugkabinen sowie zur Beleuchtung von Anzeigevorrichtungen wie Kfz-Armaturen oder Flüssigkristallanzeigen verwenden.
- 10 Weitere Merkmale, Vorteile und Zweckmäßigkeiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von 9 Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Figuren 1 bis 14. Es zeigen:
- 15 Figur 1 eine schematische Schnittansicht eines ersten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements; Figur 2 eine schematische Schnittansicht eines zweiten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelementes; Figur 3 eine schematische Schnittansicht durch ein drittes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelementes; 20 Figur 4 eine schematische Schnittansicht eines vierten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements; Figur 5 eine schematische Schnittansicht eines fünften Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelementes; 25 Figur 6 eine schematische Schnittansicht eines sechsten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelementes; Figur 7 eine schematische Darstellung eines Emissionsspektrums eines blauen Licht abstrahlenden Halbleiterkörpers mit einer Schichtenfolge auf der Basis von GaN; 30 Figur 8 eine schematische Darstellung der Emissionsspektren zweier erfindungsgemäßer Halbleiterbauelemente, die weißes Licht abstrahlen; Figur 9 eine schematische Schnittdarstellung durch einen Halbleiterkörper, der blaues Licht aussendet;

Figur 10 eine schematische Schnittansicht eines siebten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelementes; Figur 11 eine schematische Darstellung eines Emissionsspektrums eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelementes, das mischfarbiges rotes Licht abstrahlt;

Figur 12 eine schematische Darstellung der Emissionsspektren von weiteren erfindungsgemäßen Halbleiterbauelementen, die weißes Licht abstrahlen;

Figur 13 eine schematische Schnittansicht eines achten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelementes und

Figur 14 eine schematische Schnittansicht eines neunten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelementes.

15

In den verschiedenen Figuren sind gleiche bzw. gleichwirkende Teile immer mit denselben Bezugszeichen bezeichnet.

Bei dem in Figur 1 dargestellten Licht aussendenden Halbleiterbauelement weist ein Halbleiterkörper 1 einen Rückseitenkontakt 11, einen Vorderseitenkontakt 12 und eine sich aus einer Anzahl von unterschiedlichen Schichten zusammensetzende Schichtenfolge 7 auf, die im Betrieb des Halbleiterbauelements mindestens eine Strahlung (z. B. ultraviolett, blau oder grün) aussendende aktive Zone besitzt.

Ein Beispiel für eine geeignete Schichtenfolge 7 für dieses und für sämtliche im folgenden beschriebenen Ausführungsbeispiele ist in Figur 9 gezeigt. Hierbei ist auf einem Substrat 18, das z. B. aus SiC besteht, eine Schichtenfolge aus einer AlN- oder GaN-Schicht 19, einer n-leitenden GaN-Schicht 20, einer n-leitenden  $\text{Ga}_x\text{Al}_{1-x}\text{N}$ - oder  $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{N}$ -Schicht 21, einer weiteren n-leitenden GaN- oder einer  $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{N}$ -Schicht 22, einer p-leitenden  $\text{Ga}_x\text{Al}_{1-x}\text{N}$ - oder  $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{N}$ -Schicht 23 und einer p-leitenden GaN-Schicht 24 aufgebracht. Auf einer Hauptfläche 25

der p-leitenden GaN-Schicht 24 und einer Hauptfläche 26 des Substrats 18 ist jeweils eine Kontaktmetallisierung 27, 28 aufgebracht, die aus einem herkömmlich in der Opto-

- Halbleitertechnik für elektrische Kontakte verwendeten Werkstoff besteht.

Es kann jedoch auch jeder andere dem Fachmann für das erfindungsgemäße Halbleiterbauelement als geeignet erscheinende Halbleiterkörper verwendet werden. Dies gilt ebenso für sämtliche nachfolgend beschriebenen Ausführungsbeispiele.

Im Ausführungsbeispiel von Figur 1 ist der Halbleiterkörper 1 mittels eines elektrisch leitenden Verbindungsmittels, z. B. ein metallisches Lot oder ein Klebstoff, mit seinem Rückseitenkontakt 11 auf einem ersten elektrischen Anschluß 2 befestigt. Der Vorderseitenkontakt 12 ist mittels eines Bonddrahtes 14 mit einem zweiten elektrischen Anschluß 3 verbunden.

Die freien Oberflächen des Halbleiterkörpers 1 und Teilbereiche der elektrischen Anschlüsse 2 und 3 sind unmittelbar von einer Lumineszenzkonversionsumhüllung 5 umschlossen. Diese besteht bevorzugt aus einem für transparente Leuchtdiodenumhüllungen verwendbaren transparenten Kunststoff (bevorzugt Epoxidharz oder auch Polymethylmetaacrylat), der mit Leuchtstoff 6, bevorzugt anorganischer Leuchtstoff, für Weiß leuchtende Bauelemente bevorzugt  $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$  (YAG:Ce), versetzt ist.

Das in Figur 2 dargestellte Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements unterscheidet sich von dem der Figur 1 dadurch, daß der Halbleiterkörper 1 und Teilbereiche der elektrischen Anschlüsse 2 und 3 anstatt von einer Lumineszenzkonversionsumhüllung von einer transparenten Umhüllung 15 umschlossen sind. Diese transparente Umhüllung 15 bewirkt keine Wellenlängenänderung der von dem Halbleiterkörper 1 ausgesandten Strahlung und besteht beispielsweise aus einem in der

Leuchtdiodentechnik herkömmlich verwendeten Epoxid-, Silikon- oder Acrylatharz oder aus einem anderen geeigneten strahlungsdurchlässigen Material wie z. B. anorganisches Glas.

5 Auf diese transparente Umhüllung 15 ist eine Lumineszenzkonversionsschicht 4 aufgebracht, die, wie in der Figur 2 dargestellt, die gesamte Oberfläche der Umhüllung 15 bedeckt. Ebenso denkbar ist, daß die Lumineszenzkonversionsschicht 4 nur einen Teilbereich dieser Oberfläche bedeckt. Die Lumineszenzkonversionsschicht 4 besteht beispielsweise wiederum aus einem transparenten Kunststoff (z. B. Epoxidharz, Lack oder Polymethylmetacrylat), der mit einem Leuchtstoff 6 versetzt ist. Auch hier eignet sich als Leuchtstoff für ein weiß leuchtendes Halbleiterbauelement bevorzugt YAG:Ce.

15

Dieses Ausführungsbeispiel hat den besonderen Vorteil, daß für die gesamte von dem Halbleiterkörper ausgesandte Strahlung die Weglänge durch das Lumineszenzkonversionselement näherungsweise gleich groß ist. Dies spielt insbesondere dann eine bedeutende Rolle, wenn, wie oftmals der Fall, der genaue Farbton des von dem Halbleiterbauelement abgestrahlten Lichtes von dieser Weglänge abhängt.

25

Zur besseren Auskopplung des Lichtes aus der Lumineszenzkonversionsschicht 4 von Figur 2 kann auf einer Seitenfläche des Bauelements eine linsenförmige Abdeckung 29 (gestrichelt eingezeichnet) vorgesehen sein, die eine Totalreflexion der Strahlung innerhalb der Lumineszenzkonversionsschicht 4 reduziert. Diese linsenförmige Abdeckung 29 kann aus transparentem Kunststoff oder Glas bestehen und auf die Lumineszenzkonversionsschicht 4 beispielsweise aufgeklebt oder direkt als Bestandteil der Lumineszenzkonversionsschicht 4 ausgebildet sein.

30

Bei dem in Figur 3 dargestellten Ausführungsbeispiel sind der erste und zweite elektrische Anschluß 2,3 in ein lichtundurch-

35

lässiges evtl. vorgefertigtes Grundgehäuse 8 mit einer Ausnehmung 9 eingebettet. Unter „vorgefertigt“ ist zu verstehen, daß das Grundgehäuse 8 bereits an den Anschlüssen 2,3 beispielsweise mittels Spritzguß fertig ausgebildet ist, bevor der Halbleiterkörper auf den Anschluß 2 montiert wird. Das Grundgehäuse 8 besteht beispielsweise aus einem lichtundurchlässigen Kunststoff und die Ausnehmung 9 ist hinsichtlich ihrer Form als Reflektor 17 für die vom Halbleiterkörper im Betrieb ausgesandte Strahlung (ggf. durch geeignete Beschichtung der Innenwände der Ausnehmung 9) ausgebildet. Solche Grundgehäuse 8 werden insbesondere bei auf Leiterplatten oberflächenmontierbaren Leuchtdioden verwendet. Sie werden vor der Montage der Halbleiterkörper auf ein die elektrischen Anschlüsse 2,3 aufweisendes Leiterband (Leadframe) z. B. mittels Spritzgießen aufgebracht.

Die Ausnehmung 9 ist von einer Lumineszenzkonversionsschicht 4, beispielsweise eine separat hergestellte und auf dem Grundgehäuse 8 befestigte Abdeckplatte 17 aus Kunststoff abgedeckt. Als geeignete Materialien für die Lumineszenzkonversionsschicht 4 kommen wiederum die weiter oben im allgemeinen Teil der Beschreibung genannten Kunststoffe oder anorganisches Glas in Verbindung mit den dort genannten Leuchtstoffen in Frage. Die Ausnehmung 9 kann sowohl mit einem transparenten Kunststoff, mit einem anorganischen Glas oder mit Gas gefüllt als auch mit einem Vakuum versehen sein.

Wie bei dem Ausführungsbeispiel nach Figur 2 kann auch hier zur besseren Auskopplung des Lichtes aus der Lumineszenzkonversionsschicht 4 auf dieser eine linsenförmige Abdeckung 29 (gestrichelt eingezeichnet) vorgesehen sein, die eine Totalreflexion der Strahlung innerhalb der Lumineszenzkonversionsschicht 4 reduziert. Diese Abdeckung 29 kann aus transparentem Kunststoff bestehen und auf die Lumineszenzkonversionsschicht 4 beispielsweise aufgeklebt oder zusammen mit der Lumineszenzkonversionsschicht 4 einstückig ausgebildet sein.

Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist die Ausnehmung 9, wie in Figur 10 gezeigt, mit einem mit Leuchtstoff versehenen Epoxidharz, d. h. mit einer Lumineszenzsumhüllung 5 gefüllt, die das Lumineszenzkonversionselement bildet. Eine Abdeckplatte 17 und/oder eine linsenförmige Abdeckung 29 kann dann auch weggelassen sein. Weiterhin ist optional, wie in Figur 13 dargestellt, der erste elektrische Anschluß 2 z. B. durch Prägen im Bereich des Halbleiterkörpers 1 als Reflektorwanne 34 ausgebildet, die mit einer Lumineszenzkonversionsumhüllung 5 gefüllt ist.

In Figur 4 ist als weiteres Ausführungsbeispiel eine sogenannte Radialdiode dargestellt. Hierbei ist der Halbleiterkörper 1 in einem als Reflektor ausgebildeten Teil 16 des ersten elektrischen Anschlusses 2 beispielsweise mittels Löten oder Kleben befestigt. Derartige Gehäusebauformen sind in der Leuchtdiodentechnik bekannt und bedürfen von daher keiner näheren Erläuterung.

Bei dem Ausführungsbeispiel von Figur 4 ist der Halbleiterkörper 1 von einer transparenten Umhüllung 15 umgeben, die, wie beim zweitgenannten Ausführungsbeispiel (Figur 2), keine Wellenlängenänderung der von dem Halbleiterkörper 1 ausgesandten Strahlung bewirkt und beispielsweise aus einem herkömmlich in der Leuchtdiodentechnik verwendeten transparenten Epoxidharz oder aus organischem Glas bestehen kann.

Auf dieser transparenten Umhüllung 15 ist eine Lumineszenzkonversionsschicht 4 aufgebracht. Als Material hierfür kommen beispielsweise wiederum die im Zusammenhang mit den vorgenannten Ausführungsbeispielen angeführten Kunststoffe oder anorganisches Glas in Verbindung mit den dort genannten Farbstoffen in Frage.



Der gesamte Aufbau, bestehend aus Halbleiterkörper 1, Teilbereiche der elektrischen Anschlüsse 2,3, transparente Umhüllung 15 und Lumineszenzkonversionsschicht 4, ist unmittelbar von einer weiteren transparenten Umhüllung 10 umschlossen, die keine Wellenlängenänderung der durch die Lumineszenzkonversionsschicht 4 hindurchgetretenen Strahlung bewirkt. Sie besteht beispielsweise wiederum aus einem herkömmlich in der Leuchtdiodentechnik verwendeten transparenten Epoxidharz oder aus anorganischem Glas.

10

Das in Figur 5 gezeigte Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von dem von Figur 4 im wesentlichen dadurch, daß die freien Oberflächen des Halbleiterkörpers 1 unmittelbar von einer Lumineszenzkonversionsumhüllung 5 bedeckt sind, die wiederum von einer weiteren transparenten Umhüllung 10 umgeben ist. In Figur 5 ist weiterhin beispielhaft ein Halbleiterkörper 1 dargestellt, bei dem anstelle des Unterseitenkontaktes ein weiterer Kontakt auf der Halbleiterschichtenfolge 7 angebracht ist, der mittels eines zweiten Bonddrahtes 14 mit dem zugehörigen elektrischen Anschluß 2 oder 3 verbunden ist. Selbstverständlich sind derartige Halbleiterkörper 1 auch bei allen anderen hierin beschriebenen Ausführungsbeispielen einsetzbar. Umgekehrt ist natürlich auch bei dem Ausführungsbeispiel von Figur 5 ein Halbleiterkörper 1 gemäß den vorgenannten Ausführungsbeispielen verwendbar.

25

Der Vollständigkeit halber sei an dieser Stelle angemerkt, daß selbstverständlich auch bei der Bauform nach Figur 5 analog zu dem Ausführungsbeispiel nach Figur 1 eine einstückige Lumineszenzkonversionsumhüllung 5, die dann an die Stelle der Kombination aus Lumineszenzkonversionsumhüllung 5 und weiterer transparenter Umhüllung 10 tritt, verwendet sein kann.

30

Bei dem Ausführungsbeispiel von Figur 6 ist eine Lumineszenzkonversionsschicht 4 (mögliche Materialien wie oben angegeben)

35

direkt auf den Halbleiterkörper 1 aufgebracht. Dieser und Teilbereiche der elektrischen Anschlüsse 2,3 sind von einer weiteren transparenten Umhüllung 10 umschlossen, die keine Wellenlängenänderung der durch die Lumineszenzkonversionsschicht 4 hindurchgetretenen Strahlung bewirkt und beispielsweise aus einem in der Leuchtdiodentechnik verwendbaren transparenten Epoxidharz oder aus Glas gefertigt ist.

Solche, mit einer Lumineszenzkonversionsschicht 4 versehenen Halbleiterkörper 1 ohne Umhüllung können natürlich vorteilhafterweise in sämtlichen aus der Leuchtdiodentechnik bekannten Gehäusebauformen (z. B. SMD-Gehäuse, Radial-Gehäuse (man vergleiche Figur 5)) verwendet sein.

Bei dem in Figur 14 dargestellten Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements ist auf dem Halbleiterkörper 1 ein transparentes Wannenteil 35 angeordnet, das über dem Halbleiterkörper 1 eine Wanne 36 aufweist. Das Wannenteil 35 besteht beispielsweise aus transparentem Epoxidharz oder aus anorganischem Glas und ist z. B. mittels Umspritzen der elektrischen Anschlüsse 2,3 einschließlich Halbleiterkörper 1 gefertigt. In dieser Wanne 36 ist eine Lumineszenzkonversionsschicht 4 angeordnet, die z. B. wiederum aus Epoxidharz oder anorganischem Glas gefertigt ist, in das Partikel 37, bestehend aus einem der o. g. anorganischen Leuchtstoffe, eingebunden sind. Bei dieser Bauform wird vorteilhafterweise auf sehr einfache Weise sichergestellt, daß sich der Leuchtstoff während der Herstellung des Halbleiterbauelements an nicht vorgesehenen Stellen, z. B. neben dem Halbleiterkörper, ansammelt. Das Wannenteil 35 kann selbstverständlicherweise auch separat hergestellt und anderweitig, z. B. an einem Gehäuseteil, über dem Halbleiterkörper 1 befestigt sein.

Bei sämtlichen der oben beschriebenen Ausführungsbeispiele kann zur Optimierung des Farbeindrucks des abstrahlten Lichts sowie

zur Anpassung der Abstrahlcharakteristik das Lumineszenzkonversionselement (Lumineszenzkonversionsumhüllung 5 oder Lumineszenzkonversionsschicht 4), ggf. die transparente Umhüllung 15, und/oder ggf. die weitere transparente Umhüllung 10 lichtstreuende Partikel, vorteilhafterweise sogenannte Diffusoren aufweisen. Beispiele für derartige Diffusoren sind mineralische Füllstoffe, insbesondere  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaCO}_3$  oder  $\text{BaSO}_4$  oder auch organische Pigmente. Diese Materialien können auf einfache Weise den o. g. Kunststoffen zugesetzt werden.

10

In den Figuren 7, 8 und 12 sind Emissionsspektren eines blaues Licht abstrahlenden Halbleiterkörpers (Fig. 7)

(Lumineszenzmaximum bei  $\lambda \sim 430 \text{ nm}$ ) bzw. von mittels eines solchen Halbleiterkörpers hergestellten Weiß leuchtenden erfindungsgemäßen Halbleiterbauelementen (Fig. 8 und 12) gezeigt. An der Abszisse ist jeweils die Wellenlänge  $\lambda$  in nm und auf der Ordinate ist jeweils eine relative Elektrolumineszenz (EL) - Intensität aufgetragen.

20 Von der vom Halbleiterkörper ausgesandten Strahlung nach Figur 7 wird nur ein Teil in einen längerwelligen Wellenlängenbereich konvertiert, so daß als Mischfarbe weißes Licht entsteht. Die gestrichelte Linie 30 in Figur 8 stellt ein Emissionsspektrum von einem erfindungsgemäßen Halbleiterbauelement dar, das

25 Strahlung aus zwei komplementären Wellenlängenbereichen (Blau und Gelb) und damit insgesamt weißes Licht aussendet. Das Emissionsspektrum weist hier bei Wellenlängen zwischen ca. 400 und ca. 430 nm (Blau) und zwischen ca. 550 und ca. 580 nm (Gelb) je ein Maximum auf. Die durchgezogene Linie 31 repräsentiert das

30 Emissionsspektrum eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements, das die Farbe Weiß aus drei Wellenlängenbereichen

(additives Farbtripel aus Blau, Grün und Rot) mischt. Das Emissionsspektrum weist hier beispielsweise bei den Wellenlängen von ca. 430 nm (Blau), ca. 500 nm (Grün) und ca. 615 nm (Rot)

35 je ein Maximum auf.

Desweiteren ist in Figur 11 ein Emissionsspektrum eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements dargestellt, das mischfarbiges Licht aus blauem Licht (Maximum bei einer Wellenlänge von ca. 470 nm) und rotem Licht (Maximum bei einer Wellenlänge von ca. 620 nm) abstrahlt. Der Gesamtfarbeindruck des abgestrahlten Lichtes für das menschliche Auge ist Magenta. Das vom Halbleiterkörper abgestrahlte Emissionsspektrum entspricht hier wiederum dem von Figur 7.

10

Figur 12 zeigt ein Weiß leuchtendes erfindungsgemäßes Halbleiterbauelement, das mit einem ein Emissions-Spektrum gemäß Figur 7 aussendenden Halbleiterkörper versehen ist und bei dem als Leuchtstoff YAG:Ce verwendet ist. Von der vom Halbleiterkörper ausgesandten Strahlung nach Figur 7 wird nur ein Teil in einen längerwelligen Wellenlängenbereich konvertiert, so daß als Mischfarbe weißes Licht entsteht. Die verschiedenartig gestrichelten Linien 30 bis 33 von Figur 8 stellen Emissionsspektren von erfindungsgemäßen Halbleiterbauelementen dar, bei denen das Lumineszenzkonversionselement, in diesem Fall eine Lumineszenzkonversionsumhüllung aus Epoxidharz, unterschiedliche YAG:Ce-Konzentrationen aufweist. Jedes Emissionsspektrum weist zwischen  $\lambda = 420$  nm und  $\lambda = 430$  nm, also im blauen Spektralbereich, und zwischen  $\lambda = 520$  nm und  $\lambda = 545$  nm, also im grünen Spektralbereich, jeweils ein Intensitätsmaximum auf, wobei die Emissionsbanden mit dem längerwelligen Intensitätsmaximum zu einem großen Teil im gelben Spektralbereich liegen. Das Diagramm von Figur 12 verdeutlicht, daß bei dem erfindungsgemäßen Halbleiterbauelement auf einfache Weise durch Veränderung der Leuchtstoffkonzentration im Epoxidharz der CIE-Farbart des weißen Lichtes verändert werden kann.

Weiterhin ist es möglich, anorganische Leuchtstoffe auf Basis von Ce-dotierten Granaten, Thiogallaten, Erdalkali-Sulfiden und

Aluminaten direkt auf den Halbleiterkörper aufzubringen, ohne sie in Epoxidharz oder Glas zu dispergieren.

- 5 Ein weiterer besonderer Vorteil der oben genannten anorganischen Leuchtstoffe ergibt sich daraus, daß die Leuchtstoffkonzentration z.B. im Epoxidharz nicht wie bei organischen Farbstoffen durch die Löslichkeit begrenzt wird. Dadurch sind keine großen Dicken von Lumineszenzkonversionselementen nötig.
- 10 Die Erläuterung des erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements anhand der oben beschriebenen Ausführungsbeispiele ist natürlich nicht als Beschränkung der Erfindung auf diese zu betrachten. Als Halbleiterkörper, wie beispielsweise Leuchtdioden-Chips oder Laserdioden-Chips, ist beispielsweise auch eine Polymer-
- 15 LED zu verstehen, die ein entsprechendes Strahlungsspektrum aussendet.

21. Lichtabstrahlendes Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 17 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß der anorganische Leuchtstoff in einer Matrix aus einem niedrigschmelzenden anorganischen Glas eingebettet ist.

5

22. Lichtabstrahlendes Halbleiterbauelement nach Anspruch 20 oder 21, dadurch gekennzeichnet, daß der anorganische Leuchtstoff eine mittlere Partikelgröße von ca. 10 µm aufweist.

10

23. Lichtabstrahlendes Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß das Lumineszenzkonversionselement mit mehreren verschiedenen organischen und/oder anorganischen Leuchtstoffen (6) versehen ist.

15

24. Lichtabstrahlendes Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß das Lumineszenzkonversionselement organische und/oder anorganische Farbstoffmoleküle mit und ohne Wellenlängenkonversionswirkung aufweist.

20

25. Lichtabstrahlendes Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß das Lumineszenzkonversionselement und/oder eine transparente Umhüllung (10, 15) lichtstreuende Partikel aufweist.

25

26. Lichtabstrahlendes Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß das Lumineszenzkonversionselement mit einem oder mehreren lumineszierenden 4f-metallorganischen Verbindungen versehen ist.

30

27. Lichtabstrahlendes Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß das Lumineszenzkonversionselement und/oder eine transparente Umhül-

lung (10, 15) mit mindestens einem im Blauen lumineszierenden Leuchtstoff versehen ist.

5 28. Verwendung einer Mehrzahl von lichtabstrahlenden Halbleiterbauelementen gemäß einem der Ansprüche 1 bis 27 in einer vollfarbtauglichen LED-Anzeigevorrichtung.

10 29. Verwendung einer Mehrzahl von lichtabstrahlenden Halbleiterbauelementen gemäß einem der Ansprüche 1 bis 27 zur Innenraumbeleuchtung von Flugzeugkabinen.

15 30. Verwendung eines lichtabstrahlenden Halbleiterbauelements gemäß einem der Ansprüche 1 bis 27 zur Beleuchtung von Anzeigevorrichtungen, insbesondere zur Beleuchtung von Flüssigkristallanzeigen.

1/6

FIG 1

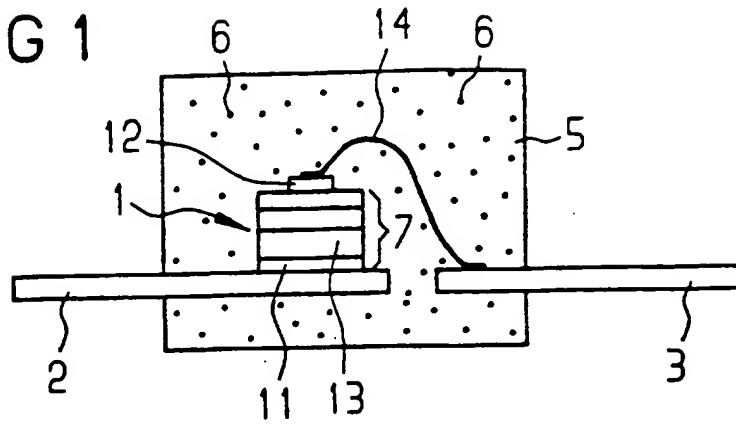


FIG 2

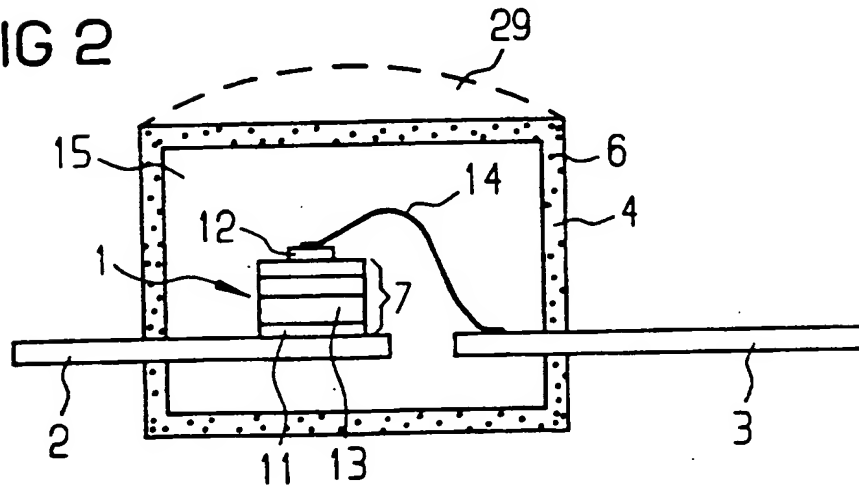


FIG 3

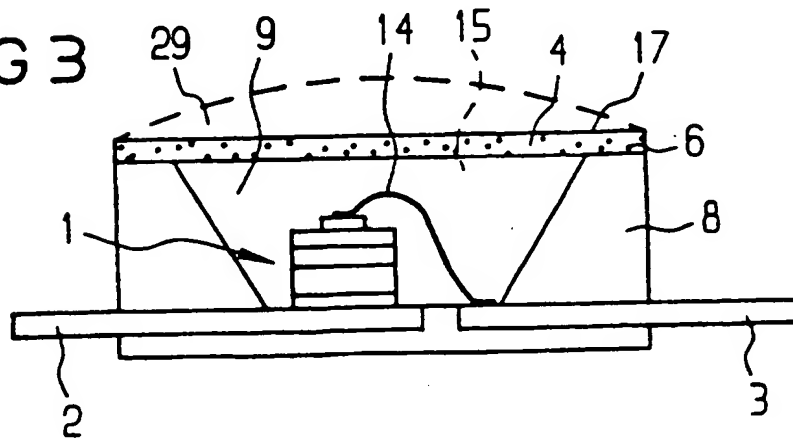




FIG 4

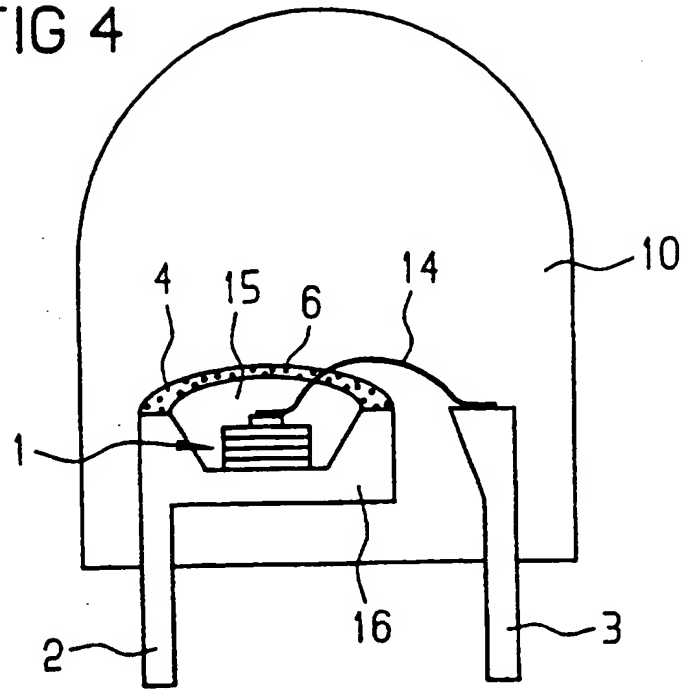


FIG 5

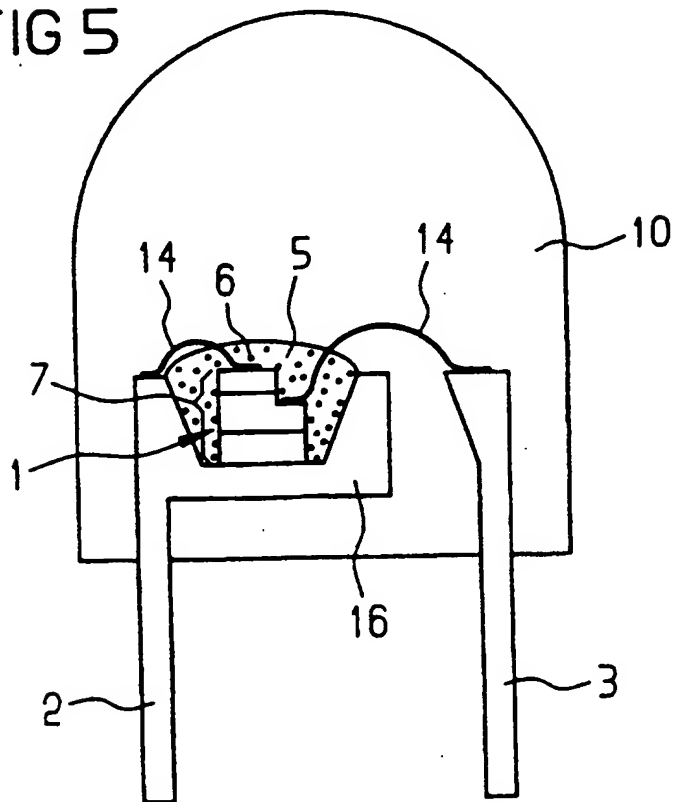


FIG 6

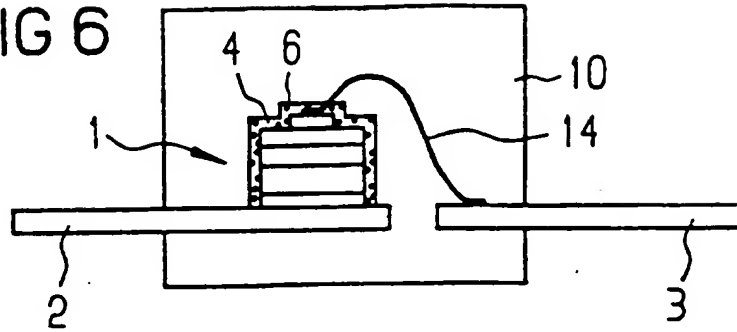


FIG 9

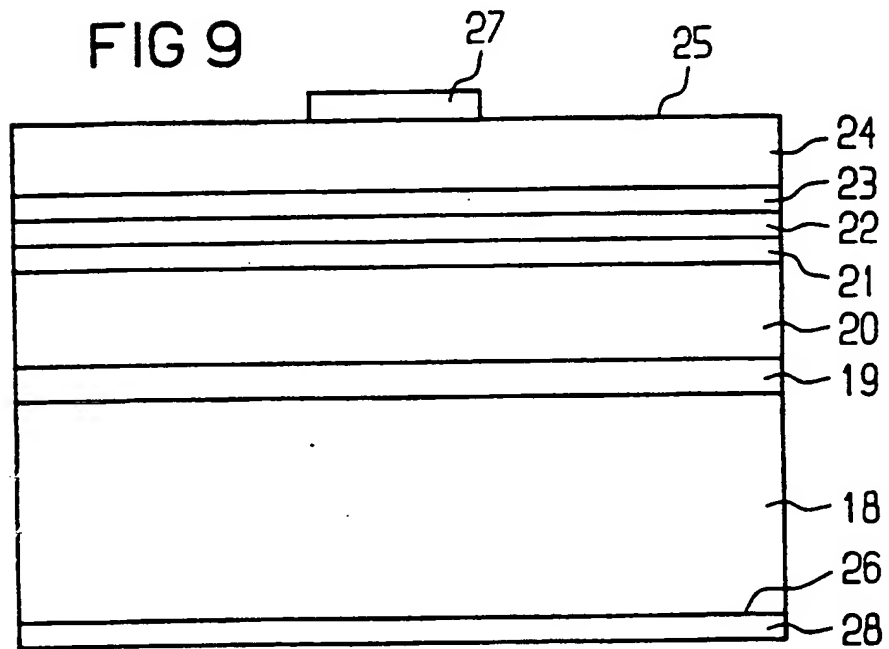
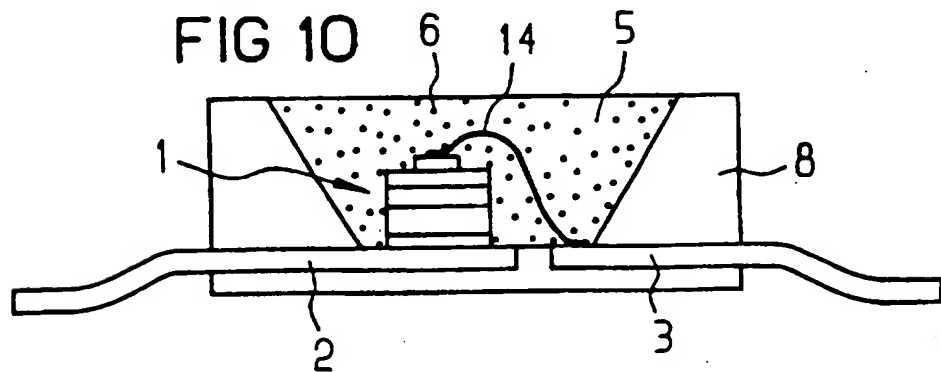


FIG 10



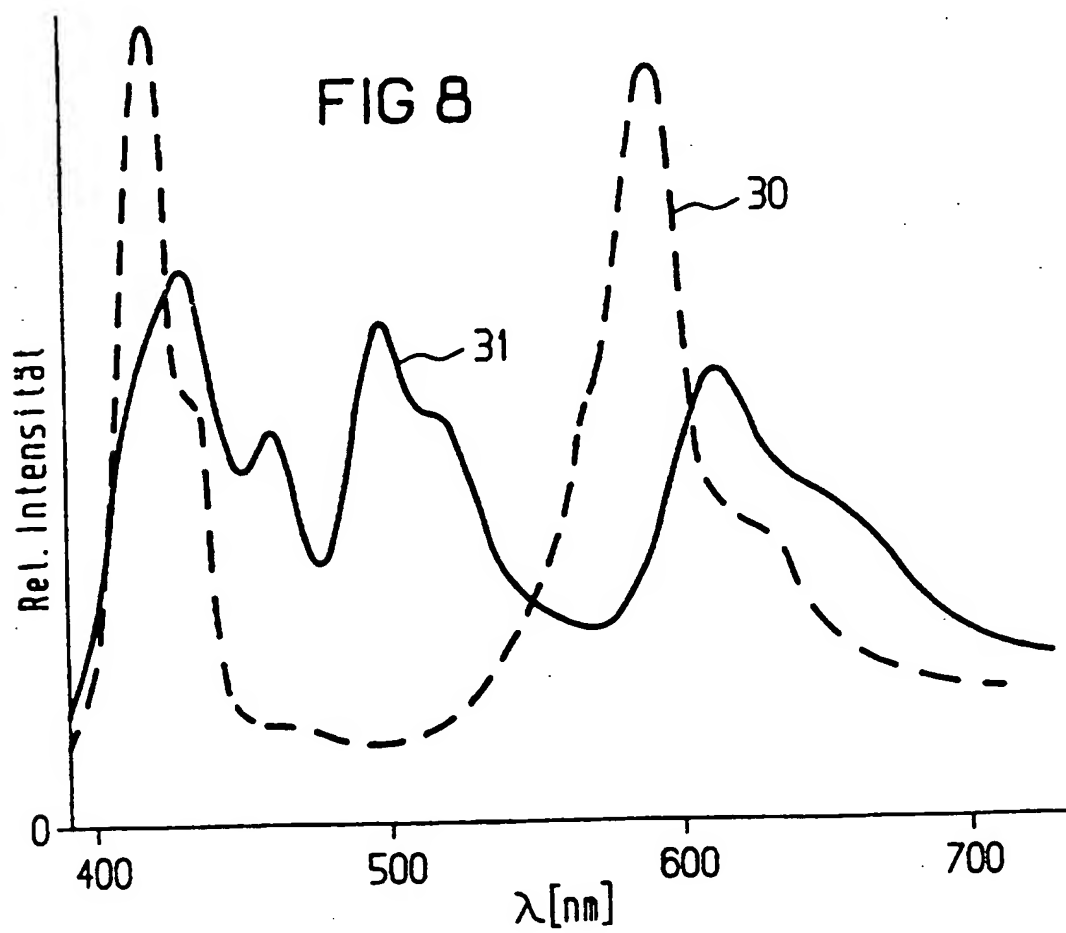
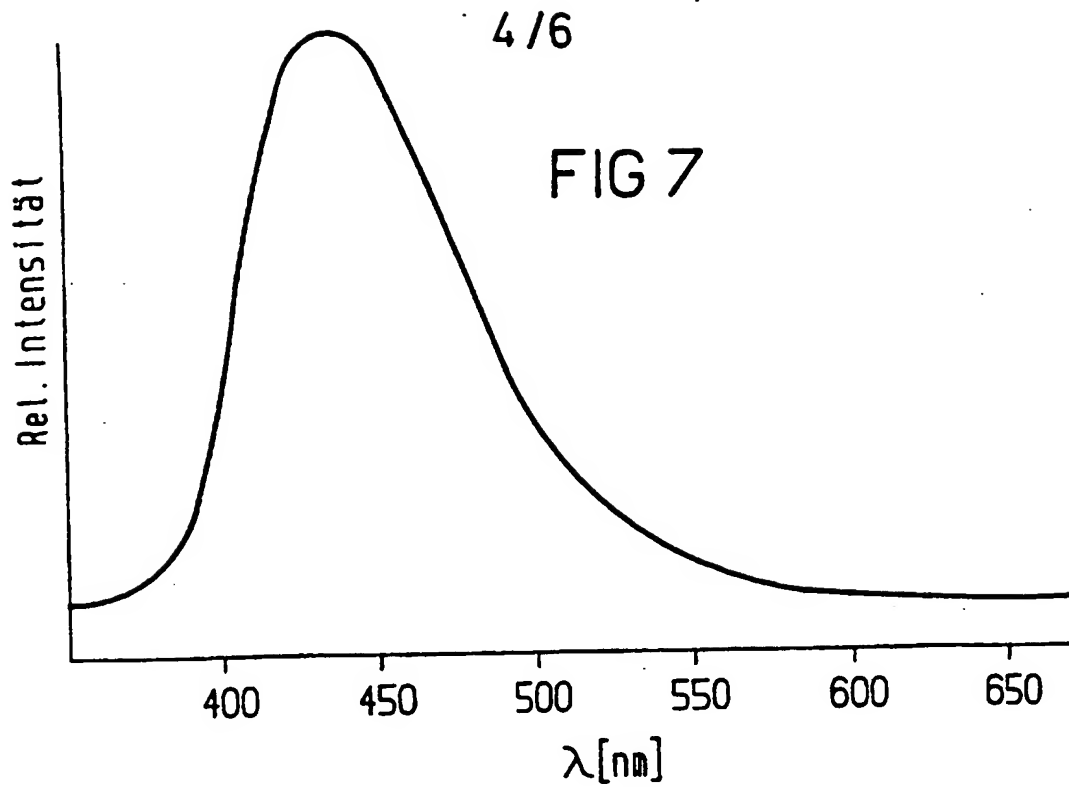


FIG 11

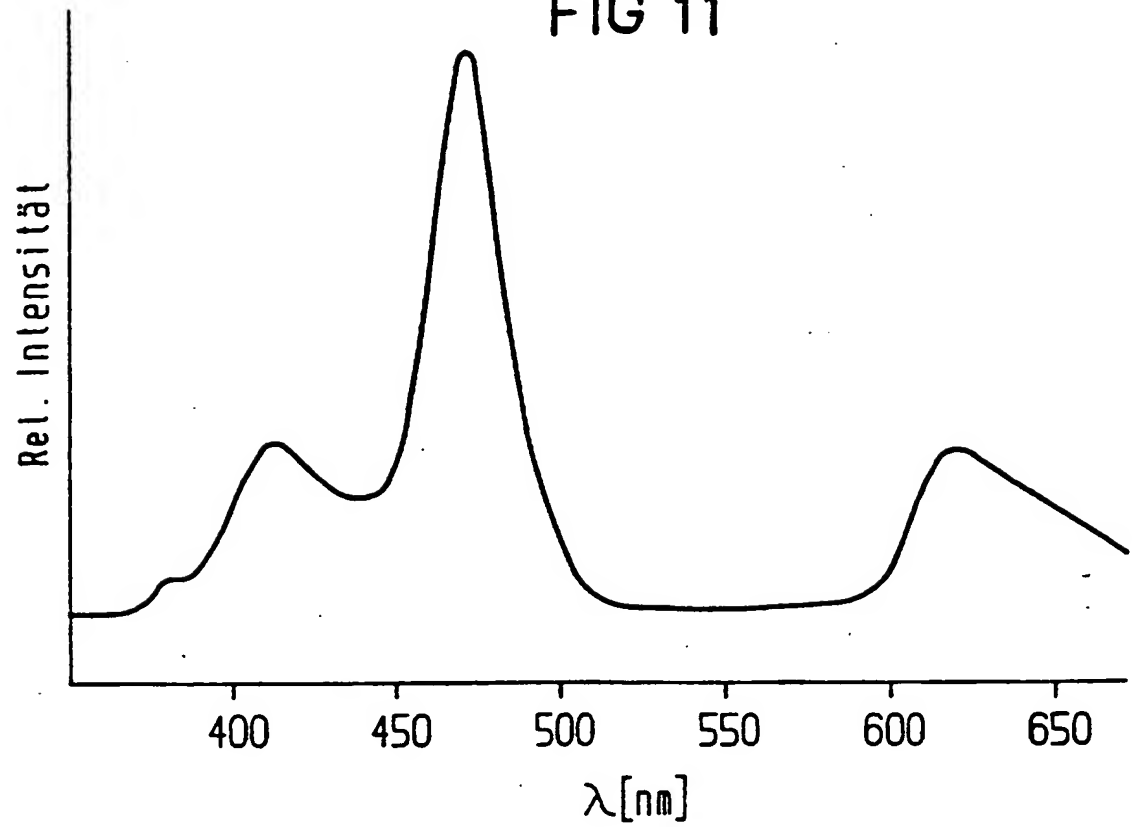


FIG 12

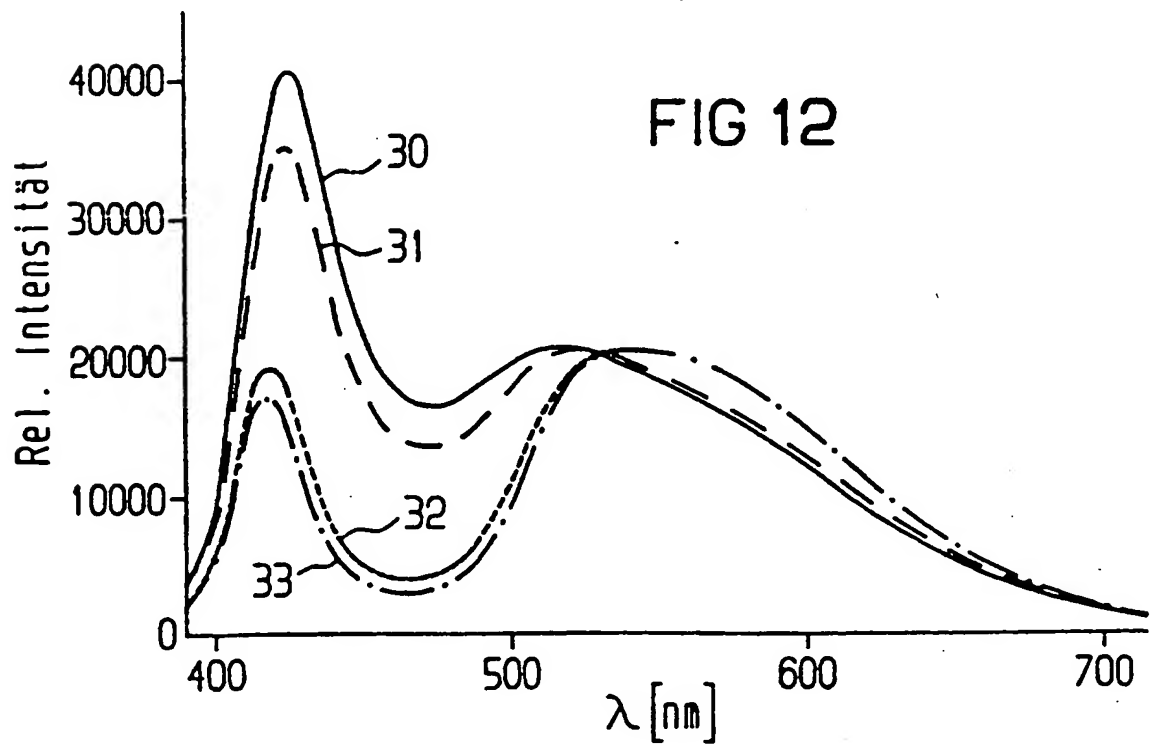


FIG 13

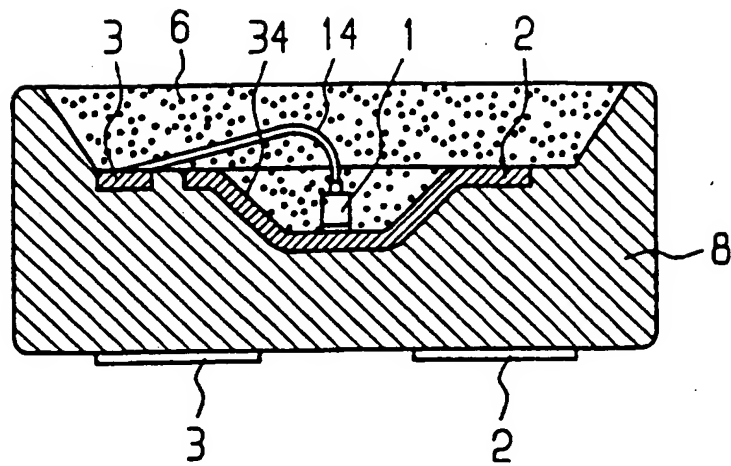
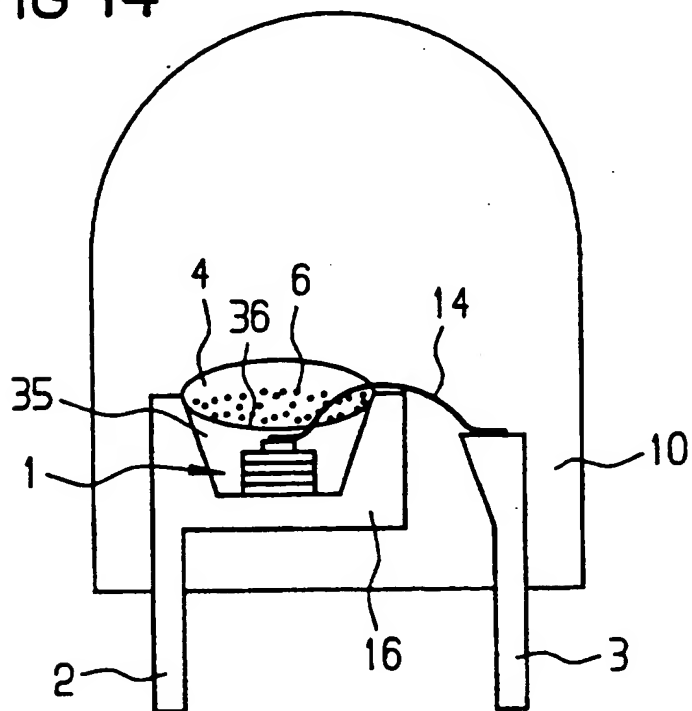


FIG 14



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter. nat. Application No

PCT/DE 97/01337

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 6 H01L33/00 H01S3/19

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 6 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017, no. 542 (E-1441), 29 September 1993 & JP 05 152609 A (NICHIA CHEM IND LTD), 18 June 1993, see abstract	1,5,10
A	--- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 096, no. 005, 31 May 1996 & JP 08 007614 A (NICHIA CHEM IND LTD), 12 January 1996, see abstract	1,4,6,8, 10,30
A	--- DE 90 13 615 U (LICENTIA PATENT-VERWALTUNGS-GMBH) 6 December 1990 see the whole document --- -/--	5,6,14, 16,23



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*A\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 September 1997

Date of mailing of the international search report

25. 10. 97

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

De Laere, A

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter .nal Application No

PCT/DE 97/01337

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>DE 33 15 675 A (OMRON TATEISI ELECTRONICS CO) 3 November 1983 -----</p>	

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 9013615 U	06-12-90	NONE	
DE 3315675 A	03-11-83	US 4599537 A	08-07-86



A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 6 H01L33/00 H01S3/19

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 6 H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017, no. 542 (E-1441), 29. September 1993 & JP 05 152609 A (NICHIA CHEM IND LTD), 18. Juni 1993, siehe Zusammenfassung ---	1,5,10
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 096, no. 005, 31. Mai 1996 & JP 08 007614 A (NICHIA CHEM IND LTD), 12. Januar 1996, siehe Zusammenfassung ---	1,4,6,8, 10,30
A	DE 90 13 615 U (LICENTIA PATENT-VERWALTUNGS-GMBH) 6. Dezember 1990 siehe das ganze Dokument ---	5,6,14, 16,23
-/--		

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- \* "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \* "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \* "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \* "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \* "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\* "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\* "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\* "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\* "Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

29. September 1997

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

25. 10. 97

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentkan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Beauftragter

De Laere, A

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 97/01337

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 33 15 675 A (OMRON TATEISI ELECTRONICS CO) 3.November 1983 -----	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Abkürzungszeichen

PCT/DE 97/01337

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 9013615 U	06-12-90	KEINE	
DE 3315675 A	03-11-83	US 4599537 A	08-07-86



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer:

(11) Publication number:

(11) Numéro de publication:

0 907 969

Internationale Anmeldung veröffentlicht durch die  
Weltorganisation für geistiges Eigentum unter der Nummer:

**WO 97/50132** (art.158 des EPÜ).

International application published by the World  
Intellectual Property Organisation under number:

**WO 97/50132** (art.158 of the EPC).

Demande internationale publiée par l'Organisation  
Mondiale de la Propriété sous le numéro:

**WO 97/50132** (art.158 de la CBE).

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**